

## Rancang Bangun Alat Uji Kadar Gula Darah Non-Invasif Berbasis *Internet of Things*

Saeful Bahri<sup>1</sup>, Muhammad Fachri Baharsyah<sup>2</sup>

<sup>1)2)3)</sup> Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

Email: <sup>1)</sup> [saefulb@ftumj.ac.id](mailto:saefulb@ftumj.ac.id), <sup>2)</sup> [muhammadfachri007@gmail.com](mailto:muhammadfachri007@gmail.com)

### ABSTRAK

*Jumlah penderita Diabetes terus meningkat setiap tahunnya, salah satu penyebab terjadinya peningkatan jumlah penderita Diabetes adalah banyaknya orang yang enggan memeriksakan kadar gula darahnya ke fasilitas-fasilitas kesehatan seperti klinik, puskesmas ataupun rumah sakit. Alasan dibalik enggannya orang-orang untuk memeriksakan kadar gula darahnya adalah karena pada metode invasif yang umum digunakan pada pemeriksaan kadar gula darah, biaya pemeriksaannya relatif mahal khususnya untuk kalangan menengah ke bawah, selain itu metode tersebut juga memberikan efek ketakutan akan jarum suntik. Untuk mendukung tindakan preventif akan meningkatnya jumlah penderita diabetes, diperlukan sebuah alat yang mampu melakukan pengujian terhadap kadar gula darah secara non invasif. Metode urine-benedict merupakan salah satu metode non invasif yang cukup akurat dalam menguji kadar gula darah. Metode ini memanfaatkan perubahan warna pada larutan benedict yang telah dicampurkan dengan urin. Dengan menggunakan sensor TCS3200, pengujian kadar gula darah secara non invasif ini bisa dilakukan dengan lebih mudah dimana sensor akan mendeteksi warna pada spesimen lalu data hasil pengujian akan diolah oleh NodeMCU ESP8266 dan kemudian dikirimkan ke perangkat IoT yang bisa dimonitor melalui aplikasi berbasis web. Sensor TCS3200 yang digunakan pada pengujian ini mampu mendeteksi spektrum warna dari spesimen yang diuji dengan baik dengan akurasi 96%.*

**Kata kunci :** Alat uji gula darah, TCS3200, ESP8266, Internet of Things

### ABSTRACT

*The number of people with diabetes increases every year. One of the causes of the increase in the number of diabetics is the number of people reluctant to check their blood sugar levels at health facilities such as clinics, health centers, or hospitals. The invasive method uses a needle and blood sample to measure blood sugar. People are unwilling to check their blood sugar levels because they fear the relatively expensive cost of examinations, especially for the lower middle class, and fear needles. To support the prevention of the increasing number of people with diabetes, it needs a tool that can test blood sugar levels non-invasively. The urine-benedict method is one of the non-invasive methods that is quite accurate in testing blood sugar levels. This method utilizes discoloration in the benedict solution that has been mixed with urine. By using the TCS3200 sensor, this non-invasive blood sugar level testing can be done more easily where the sensor will detect color in the specimen and then the test result data will be processed by the NodeMCU ESP8266 and then sent to an IoT device that can be monitored through a web-based application. The TCS3200 sensor used in this test is able to detect the color spectrum of the tested specimen well with an accuracy of 96%.*

**Keywords :** Blood sugar test, TCS3200, ESP8266, Internet of Things

### 1 PENDAHULUAN

Pemetaan penderita diabetes di dunia masih sangatlah kurang. Berdasarkan data dari IDF (*International Diabetes Federation*) terdapat 536 juta orang yang hidup dengan diabetes di tahun 2021 [1].

Dari 536 juta orang tersebut 175 diantaranya masih belum terdiagnosis, sehingga terancam berkembang progresif menjadi komplikasi tanpa disadari jika tidak ada tindakan preventif [2]. Alasan dibalik banyaknya orang yang belum terdiagnosis diabetes diantaranya adalah karena kurangnya

fasilitas kesehatan dan banyaknya orang yang enggan untuk memeriksakan kadar gula darahnya ke puskesmas/rumah sakit [1], [3].

Keengganan orang-orang untuk memeriksakan kadar gula darahnya ke puskesmas atau rumah sakit ini juga disebabkan oleh biaya strip test yang relatif mahal dan ketakutan akan jarum suntik [4], [5].

Pemeriksaan glukosa darah dalam diagnosis dibedakan menjadi dua kategori, yaitu teknik minimal invasif dan teknik non invasif [6]. Teknik invasif minimal adalah menguji kadar glukosa dalam darah

dengan cara melukai pasien dengan jarum untuk mengambil darah dari dalam tubuh pasien [5], [7], [8].

Kelemahan cara ini adalah penggunaan jarum yang mengakibatkan rasa sakit dan sangat beresiko bagi penderita Diabetes Melitus [5], [7].

Adapun teknik non invasif adalah menguji kadar glukosa dalam darah tanpa melukai bagian tubuh pasien. Penggunaan teknik non invasif untuk menguji kadar glukosa darah bisa menggunakan teknik biofluida (cairan tubuh) seperti *saliva* (air liur), air keringat, air mata, dan urin. Teknik non invasif seperti ini dirasakan lebih nyaman oleh penderita diabetes [5], [7].

Salah satu penggunaan teknik biofluida dalam teknik non invasif adalah menggunakan urin. Urin merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh ginjal yang selanjutnya akan dikeluarkan dari tubuh melalui proses urinasi [4], [9], [10].

Penggunaan urin untuk uji kadar gula darah memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah biayanya yang jauh lebih murah, kemudahan dalam pengambilan sampel dan metode pemeriksaannya [4], [11].

Menggunakan urin sebagai sampel pada pengujian kadar glukosa dalam darah dilakukan dengan cara mencampurnya dengan larutan *benedict*, tujuannya adalah untuk melihat transformasi warna yang terjadi pada saat melakukan pengujian sampel urin karena reaksi antara larutan *benedict* dengan glukosa yang terkandung dalam urin [9].

Tingkat transformasi warna pada campuran sampel urin dengan *benedict* akan mempengaruhi nilai yang dihasilkan oleh sensor TCS3200 [12], [13]. Nilai analog yang dihasilkan dari pembacaan sensor TCS3200 berupa nilai frekuensi RGB, dari nilai frekuensi RGB ini selanjutnya akan didapatkan hasil *range* frekuensi maksimum dan minimum pada masing-masing nilai frekuensi pada RGB, dimana nilai ini akan digunakan sebagai *range* pembeda untuk menentukan kondisi urin tersebut apakah termasuk ke kondisi negatif (-) atau tidak terindikasi diabetes (kadar gula darah normal), positif (+) 1 terindikasi diabetes, positif (+) 2 terindikasi diabetes atau positif (+) 4 terindikasi menderita diabetes.

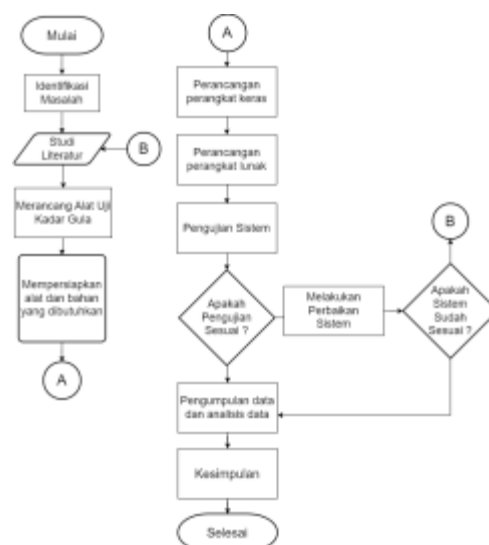
Dalam usaha untuk melakukan pendataan para penderita diabetes guna untuk melakukan tindakan preventif dari ancaman komplikasi diperlukan alat uji kadar gula darah yang ramah terhadap pasien, mudah dalam pengambilan sampel, biaya tes yang murah dan mampu mengirimkan data hasil uji ke *database* dalam waktu singkat. Dimana dalam pengolahan data tersebut diperlukan sebuah aplikasi berbasis web

sebagaimana yang digunakan dalam [14], [15] untuk digunakan sebagai pengontrol, penampil dan penyimpanan data.

## 2 METODOLOGI

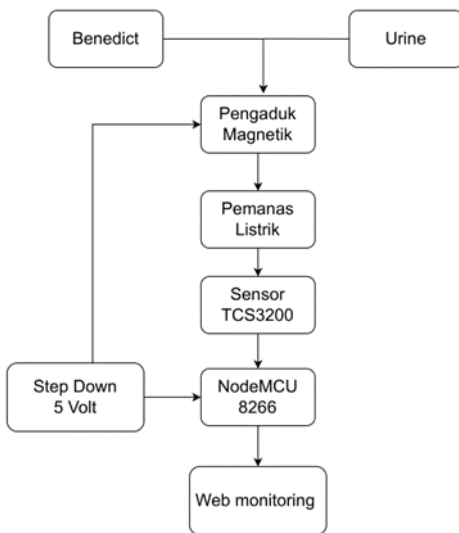
Metode penelitian yang akan diterapkan pada penelitian ini untuk merancang dan merealisasikan alat untuk melakukan pengujian terhadap kadar gula darah. Alat ini menggunakan satu buah sensor TCS3200 yang nantinya akan digunakan untuk mendeteksi warna dari campuran antara *urine* pasien dengan cairan *benedict*. Setelah sampel *urine* yang telah dicampur dengan *benedict* tadi diaduk oleh pengaduk magnetik, kemudian larutan benedict tersebut dipanaskan menggunakan pemanas listrik hingga beberapa saat sampai larutan benedict tersebut bereaksi/menunjukkan perubahan warna, barulah sampel tadi dideteksi oleh sensor TCS3200, data yang didapat dari sensor TCS3200 tersebut diteruskan melalui serial komunikasi ke mikrokontroler yang ada pada NodeMCU dan dikirim melalui modul ESP8266 agar dapat ditampilkan pada web server dan diakses pada PC metode penelitian Rekayasa Teknik.

Adapun tahapan yang akan diterapkan terdiri mulai dari mengidentifikasi masalah dan objek yang akan diteliti; melakukan studi literatur untuk mengidentifikasi sistem dan subsistem yang dibutuhkan; melakukan perancangan sistem berdasarkan subsistem yang telah diidentifikasi, berupa perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*); pengadaan bahan-bahan yang akan digunakan pada pengembangan produk; melakukan pengujian dan kalibrasi pada setiap subsistem; serta melakukan pengumpulan dan analisis data. Dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

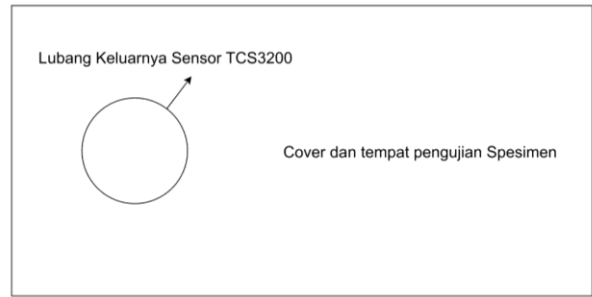
Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk membuat rancang bangun alat uji kadar gula darah berbasis *Internet of Things*. Alat ini terdiri dari pengaduk magnetik untuk mencampur sampel *urine* dengan *benedict*, pemanas listrik untuk memanaskan campuran larutan tadi agar bereaksi dan nantinya sampel *urine* yang telah diaduk dengan cairan *benedict* dan dipanaskan akan ditembak menggunakan sensor TCS3200. Setelah sensor TCS3200 membaca sampel *urine* tersebut, data yang terbaca selanjutnya diproses dengan NodeMCU ESP8266 dan selanjutnya data yang didapat dikirimkan untuk ditampilkan dengan menggunakan perangkat IoT. Rancangan blok diagram untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



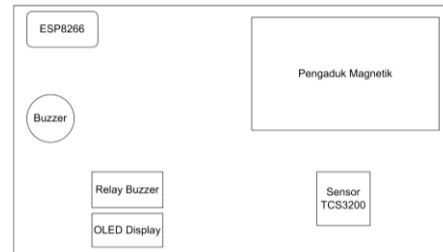
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

### Perancangan Alat

Alat uji kadar gula darah ini menggunakan bahan akrilik sebagai tempat meletakkan beberapa komponen seperti pengaduk magnetik, relay, mikrokontroler, buzzer dan sensor warna. Berikut ini adalah tampilan dari rancangan alat.

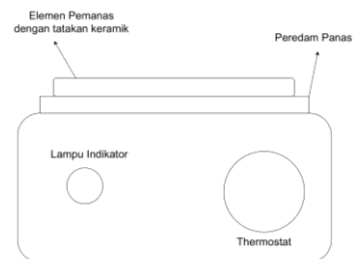


Gambar 3. Tampilan Alat Dengan Cover Tertutup

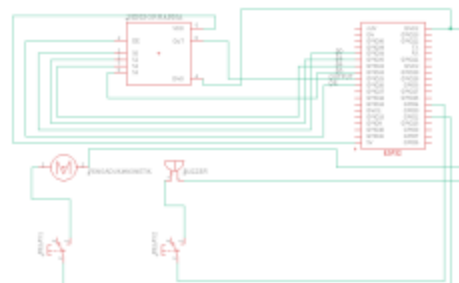


Gambar 4. Tampilan Alat Dengan Cover Terbuka

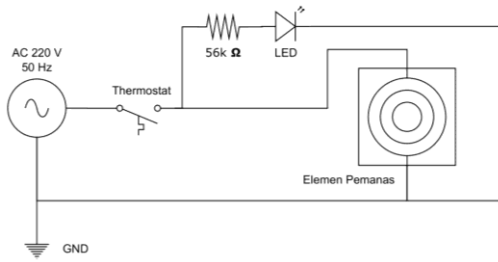
Dikarenakan tidak memungkinkannya untuk menyatukan semua komponen alat uji kadar gula darah ini dengan pemanas listriknya, maka alat pemanas listriknya dibuat secara terpisah. Berikut adalah tampilan dari rancangan alat pemanas listrik untuk alat uji kadar gula darah.



Gambar 5. Tampilan Alat Pemanas Listrik



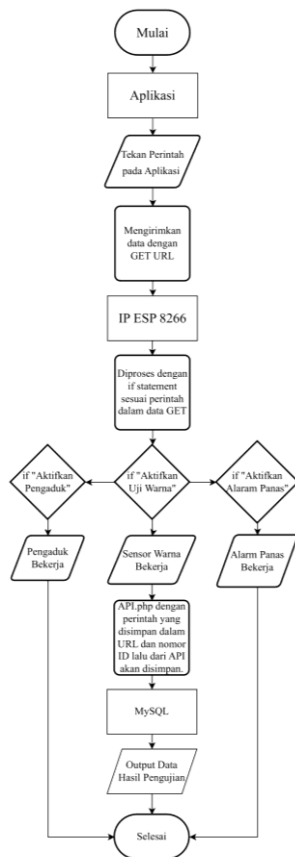
Gambar 6. Rangkaian Skematik Pengaduk Magnetik dan Sensor Warna



Gambar 7. Rangkaian Skematik Pemanas Listrik

**Perancangan Aplikasi Berbasis Web**

Alat ini menggunakan aplikasi berbasis web untuk mengoperasikan berbagai perangkat yang ada di dalamnya seperti pengaduk magnetik, alarm pemanas dan sensor warna. Selain untuk mengoperasikan aplikasi berbasis web ini juga berfungsi sebagai penampil data hasil pengujian. Berikut adalah alur kerja dari aplikasi berbasis web yang digunakan pada alat ini.



Gambar 8. Alur Kerja Aplikasi Berbasis Web

**3 HASIL DAN PEMBAHASAN Tahap Pra Pengujian**

Pra pengujian adalah serangkaian langkah yang dilakukan sebelum pengujian dilakukan. Dalam tahap

pra pengujian ini hal-hal yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Melakukan konfigurasi WiFi
3. Melakukan pencampuran antara larutan benedict dengan spesimen urin
4. Melakukan proses pengadukan menggunakan pengaduk magnetic
5. Melakukan proses pemanasan campuran benedict dan spesimen urin

**Penyiapan Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengujian, antara lain pengaduk magnetik, alarm untuk pemanas dan sensor warna yang berada dalam satu kotak. Selain itu ada juga alat dan bahan lainnya seperti pemanas listrik, ponsel, gelas ukur, pipet tetes, larutan benedict, spesimen urin yang kan diuji, *beaker glass* dan penjepit kayu.



Gambar 9. Alat Pengaduk Magnetik, Alarm Pemanas dan Sensor Warna



Gambar 10. Pemanas Listrik



Gambar 11. Gelas Ukur, Tabung Reaksi, Beaker Glass, Pipet Tetes dan Penjepit Kayu



Gambar 12. Ponsel



Gambar 13. Larutan Benedict

### Proses Konfigurasi WiFi

Sebelum alat dapat dioperasikan, konfigurasi WiFi perlu dilakukan agar NodeMCU ESP8266 dapat bekerja dan mengirimkan data ke *database*. Konfigurasi WiFi dilakukan dengan cara mengganti settingan WiFi/Hotspot pada ponsel ataupun router yang digunakan sebagai jaringan internet.



Gambar 14. Contoh Konfigurasi WiFi pada Ponsel

Seperti yang terlihat pada gambar 14. dimana nama dan kata sandi pada jaringan yang akan digunakan harus disamakan dengan nama dan kata sandi pada jaringan yang tertera pada alat.

### Proses Pencampuran dan Pengadukan

Dalam proses ini spesimen urin diambil dari sepuluh orang yang telah melakukan puasa makan selama 8-10 jam dengan rentang usia dan jenis

kelamin yang berbeda-beda. Spesimen urin yang diambil diletakan pada sebuah wadah spesimen.



Gambar 15. Spesimen urine yang akan diuji

Setelah spesimen urin sudah siap, siapkan sebuah gelas ukur untuk mengukur jumlah larutan benedict yang akan direaksikan bersama urin. Jumlah larutan benedict yang diperlukan dalam sekali uji kadar gula darah adalah sebanyak 10 ml. Proses pemindahan larutan benedict dari botol ke gelas ukur untuk menghitung jumlah larutan benedict yang akan digunakan dilakukan menggunakan sebuah pipet tetes. Larutan benedict yang sudah diambil sesuai dengan jumlah yang diperlukan, dimasukkan ke dalam sebuah tabung reaksi.



Gambar 16. Proses Pengukuran Larutan Benedict

Spesimen urin yang akan diuji kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah diisi oleh larutan benedict menggunakan pipet tetes. Jumlah spesimen urin yang dimasukkan ke dalam tabung reaksi berjumlah 16 tetes. Proses tersebut dilakukan menggunakan pipet tetes yang berbeda untuk menghindari terjadinya kontaminasi pada pipet tetes. Setelah larutan benedict dan urin dimasukkan ke dalam tabung reaksi, masukkan sebuah bar magnet untuk melakukan proses pengadukan antara larutan benedict dengan spesimen urin. Pengaduk magnetik kemudian diaktifkan melalui aplikasi berbasis web pada ponsel.



Gambar 17. Tampilan Interface Kontrol pada Aplikasi



Gambar 18. Proses pengadukan menggunakan pengaduk magnetic

Pengaduk magnetik bekerja dengan cara memutar bar magnet yang ada di dalam tabung reaksi menggunakan motor listrik DC yang sudah dipasang magnet neodmium agar menimbulkan gaya magnet yang dapat membuat bar magnet di dalam tabung reaksi ikut berputar mengikuti arah putaran motor listrik DC. Pengaduk magnetik akan bekerja selama 10 detik dan kemudian akan mati secara otomatis.

**Proses Pemanasan**

Setelah larutan benedict dan urin bercampur, pindahkan larutan yang sudah tercampur tadi ke dalam *beaker glass* lalu letakkan pada plat pemanas pada pemanas listrik. Pemanas listrik harus sudah diaktifkan sejak proses awal agar plat pemanas memiliki suhu yang proper untuk digunakan pada proses pemanasan spesimen. Temperatur yang proper untuk proses pemanasan adalah 100° Celsius.



Gambar 19. Proses Pemanasan Spesimen

Proses pemanasan dimulai dengan meletakkan spesimen diatas plat sambil mengaktifkan alarm

pemanas melalui aplikasi berbasis web pada laptop. Proses pemanasan berlangsung selama 2 menit yang akan ditandai oleh bunyi alarm otomatis yang sudah di setel pada mikrokontroler. Setelah alarm berbunyi spesimen harus segera diangkat dari pemanas guna menghindari terjadinya proses pemanasan berlebih.

**Tahap Pengujian**

Sebelum spesimen dideteksi oleh sensor warna, spesimen harus didiamkan terlebih dahulu hingga dingin. Hal ini dilakukan guna menghindari terjadinya kesalahan dalam pembacaan hasil uji. Sambil menunggu proses pendinginan spesimen yang akan diuji, sensor TCS3200 yang akan digunakan untuk mendeteksi hasil uji dikeluarkan dari kotak alat melalui celah yang terdapat pada *cover*.



Gambar 20. Proses Pengujian Menggunakan Sensor Warna TCS3200

Pada proses pengujian ini, sensor TCS3200 akan diarahkan ke spesimen yang akan diuji. Sensor TCS3200 akan bekerja dengan membaca spektrum warna yang ditangkap oleh sensor lalu mengubahnya menjadi nilai frekuensi RGB. Berikut adalah nilai frekuensi RGB dari beberapa kondisi yang dideteksi oleh sensor TCS3200 untuk pengujian kadar gula darah.

Tabel 1. Nilai yang dihasilkan TCS3200 pada kondisi “Negatif” (dibawah 110 mg/dL)

No	Nilai R (kHz)	Nilai G (kHz)	Nilai B (kHz)
1	13	12	8
2	11	10	9
3	12	11	7
4	13	12	8
5	11	10	9

Tabel 2. Nilai yang dihasilkan TCS3200 pada kondisi “Positif +1” (110-150 mg/dL)

No	Nilai R (kHz)	Nilai G (kHz)	Nilai B (kHz)
1	28	19	21
2	23	11	15
3	43	30	33
4	42	29	32

5	22	10	14
---	----	----	----

Tabel 3. Nilai yang dihasilkan TCS3200 pada kondisi “Positif +2” (151-200 mg/dL)

No	Nilai R (kHz)	Nilai G (kHz)	Nilai B (kHz)
1	13	16	17
2	7	14	20
3	6	17	19
4	12	16	17
5	7	15	20

Tabel 4. Nilai yang dihasilkan TCS3200 pada kondisi “Positif +3” (201-350 mg/dL)

No	Nilai R (kHz)	Nilai G (kHz)	Nilai B (kHz)
1	17	25	24
2	25	24	22
3	27	22	23
4	19	26	28
5	24	25	23

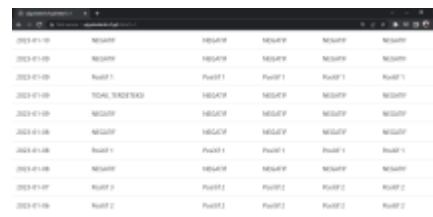
Tabel 5. Nilai yang dihasilkan TCS3200 pada kondisi “Positif +4” (diatas 350 mg/dL)

No	Nilai R (kHz)	Nilai G (kHz)	Nilai B (kHz)
1	17	55	37
2	13	43	29
3	14	47	32
4	15	50	33
5	11	39	26

Setelah sensor TCS3200 mendeteksi perubahan warna pada spesimen yang sedang diuji. Hasil yang dideteksi sensor akan diolah oleh Node MCU ESP8266 kemudian ditampilkan pada OLED Display dan tersimpan pada *database* aplikasi berbasis web. Berikut ini adalah tampilan hasil pembacaan spesimen pada OLED Display dan aplikasi.



Gambar 21. Tampilan hasil pendeteksian pada OLED Display



Gambar 22. Tampilan hasil pendeteksian pada aplikasi

Pada aplikasi berbasis web ini terlihat keseluruhan hasil pengujian spesimen yang telah dilakukan. Hasil-hasil pengujian ini akan tersimpan di *database* secara permanen dan dapat diakses setiap saat.

**Hasil dan Analisa**

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang didapat dari alat dengan hasil dari *Easy Touch GCU* yang digunakan pada Apotek Berkah Bekasi.



Gambar 23. Easy Touch GCU

Berikut adalah hasil perbandingan antara alat dengan *Easy Touch GCU*.

Tabel 6. Hasil Perbandingan

Sampel	Easy Touch GCU		Alat Uji Kadar Gula Darah Non Invasif Berbasis Internet of Things				
	Hasil Uji	Setara dengan	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Sampel 1	186 mg/dL	Positif 2	Positif 2	Positif 2	Positif 2	Positif 2	Positif 2
Sampel 2	162 mg/dL	Positif 2	Positif 3	Positif 2	Positif 2	Positif 2	Positif 2
Sampel 3	103 mg/dL	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Sampel 4	135 mg/dL	Positif 1	Positif 1	Positif 1	Positif 1	Positif 1	Positif 1
Sampel 5	90 mg/dL	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Sampel 6	101 mg/dL	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Sampel 7	90 mg/dL	Negatif	Tidak Terdeteksi	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Sampel 8	138 mg/dL	Positif 1	Positif 1	Positif 1	Positif 1	Positif 1	Positif 1
Sampel 9	107 mg/dL	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Sampel 10	99 mg/dL	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif

Dari hasil perbandingan didapatkan bahwa terdapat beberapa kesalahan pembacaan alat pada sampel 2 dan sampel 7. Hal ini terjadi karena adanya kesalahan pembacaan spektrum cahaya yang ditangkap oleh sensor TCS3200.

Berikut adalah persentase keberhasilan pada hasil pengujian secara keseluruhan.

Tabel 7. Hasil Pengujian Keseluruhan

Sampel	Hasil dari Easy Touch GCU	Jumlah Hasil Uji Benar Pada Alat	Kesalahan	Akurasi (%)
Sampel 1	Positif 2	5	0	100
Sampel 2	Positif 2	4	1	80
Sampel 3	Negatif	5	0	100
Sampel 4	Positif 1	5	0	100
Sampel 5	Negatif	5	0	100
Sampel 6	Negatif	5	0	100
Sampel 7	Negatif	4	1	80
Sampel 8	Positif 1	5	0	100
Sampel 9	Negatif	5	0	100
Sampel 10	Negatif	5	0	100
Persentase Keseluruhan				96

Dari hasil perhitungan persentase keberhasilan didapatkan bahwa persentase keberhasilan dari hasil pengujian alat ini adalah 96%.

#### 4 KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisa pada penelitian ini, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebelum alat ini digunakan konfigurasi koneksi WiFi perlu disesuaikan dengan settingan SSID dan *Password* yang tertera pada alat.
2. Kontrol pada alat sepenuhnya menggunakan aplikasi berbasis web yang dapat dioperasikan melalui ponsel, komputer dan laptop.
3. Pemanas listrik harus dalam kondisi suhu yang proper (100° C) sebelum digunakan.
4. Sensor TCS3200 yang digunakan pada pengujian ini mampu mendeteksi spektrum warna dari spesimen yang diuji dengan baik dengan akurasi 96%.
5. Hasil pengujian dari alat ini dapat dilihat langsung pada display yang terdapat pada alat dan tersimpan dalam sebuah *database* yang dapat diakses setiap saat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Webber, *International Diabetes Federation*, vol. 102, no. 2. 2021. doi: 10.1016/j.diabres.2013.10.013.
- [2] M. A. Nurjana and N. N. Veridiana, "Hubungan Perilaku Konsumsi dan Aktivitas Fisik dengan Diabetes Mellitus di Indonesia,"



- Bul. Penelit. Kesehat.*, vol. 47, no. 2, pp. 97–106, Aug. 2019, doi: 10.22435/bpk.v47i2.667.
- [3] dr. Widharto, *Kencing Manis (Diabetes)*. Jakarta: Sunda Kelapa Pustaka, 2007.
- [4] H. L. Storey *et al.*, “Diagnostic accuracy of self-administered urine glucose test strips as a diabetes screening tool in a low-resource setting in Cambodia,” *BMJ Open*, vol. 8, no. 3, Mar. 2018, doi: 10.1136/bmjopen-2017-019924.
- [5] H. Kurniadi Wardana, E. Indahwati, and L. Arifah Fitriyah, “Measurement of Non-Invasive Blood Glucose Level Based Sensor Color TCS3200 and Arduino,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Apr. 2018, vol. 336, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/336/1/012019.
- [6] J. Y. Johnson, *Handbook for Brunner & Suddarth’s textbook of medical-surgical nursing.*, 12th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
- [7] L. Tang, S. J. Chang, C. J. Chen, and J. T. Liu, “Non-invasive blood glucose monitoring technology: A review,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 23. MDPI AG, pp. 1–32, Dec. 01, 2020. doi: 10.3390/s20236925.
- [8] M. I. Firdaus, “Rancang Bangun Alat Ukur Gula Darah Secara Non-Invasive Berbasis Wemos D1 Mini Menggunakan Near-Infrared Led Dan Photodiodes Yang Terhubung IoT,” Universitas Siliwangi, 2020.
- [9] T. Setiawan, “Perbedaan Hasil Glukosa Urin Metode Carik Celup dan Metode Benedict,” Universitas Muhammadiyah Semarang, 2017.
- [10] F. Fadhilah and N. Vanawati, “Comparison of Glucose Reduction in Urine Using Benedict Method Heated by Methylated Flame with 100 ° C Waterbath,” 2019.
- [11] J. Chen *et al.*, “Identification of newly diagnosed diabetes and prediabetes using fasting plasma glucose and urinary glucose in a Chinese population: A multicenter cross-sectional study,” *Chin. Med. J. (Engl.)*, vol. 131, no. 14, pp. 1652–1657, Jul. 2018, doi: 10.4103/0366-6999.235884.
- [12] TAOS, “TCS3200, TCS3210 Programmable Color Light-To-Frequency Converter,” *The Lumenology*, no. 972, pp. 1–14, 2009.
- [13] T. T. Nguyen, T. T. Nguyen, V. T. Nguyen, C. C. Cao, and J. Hua, “Application of Arduino Control Mainboard with Color Light Sensor TCS3200 in Color Recognition of Edge Banding in Laser Edge Banding Machine,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Jul. 2019, vol. 252, no. 2. doi: 10.1088/1755-1315/252/2/022130.
- [14] Saeful Bahri and Ridwan, “Monitoring dan Pengaturan Oksigen Terlarut untuk Menjaga Kualitas Air pada Budidaya Udang Vannamei Berbasis Logika Fuzzy,” *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 2, pp. 111–120, 2019.
- [15] H. Muchtar, M. D. Nasirudin, and R. Adhitama, “Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Beban Listrik Menggunakan Raspberry Berbasis Ip,” *Resist. (elektRonika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.1.1-6.

